บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

เฟือง (Gear) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องจักร ซึ่งมีหน้าที่ในการส่งผ่านกำลังและการเคลื่อนที่ของกลไกต่างๆ ของเครื่องจักร เวลาที่เครื่องจักรที่มีเฟืองเป็นส่วนประกอบทำงานจะมีการกระทบและการเสียดสีกันของฟันเฟืองแม้ว่าจะมีระบบการหล่อลื่นที่ดี ดังนั้นเฟืองจึงเป็นชิ้นส่วนที่มีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายได้ก่อนชิ้นส่วนอื่นๆโดยเฉพาะในเครื่องจักรที่มีการรับภาระมากๆ

ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับเฟืองได้นั้นจะมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งานของเฟือง ได้แก่ การสึกหรอของฟันเฟือง การแตกร้าวของฟันเฟือง การติดตั้งเฟืองที่เยื้องศูนย์ (Eccentricity) เพลาของเฟืองเยื้องแนวแกน (Misalignment) ฯลฯ และเมื่อเกิดปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นก็อาจจะส่งผลให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา ในการใช้งานจริงควรที่จะมีการควบคุมดูแลปัญหาเหล่านี้ให้อยู่ในเกณฑ์ที่จะยอมให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหน้าที่ของเฟืองตัวดังกล่าวและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเฟืองตัวดังกล่าวเกิดความเสียหายขึ้น เช่น เฟืองที่ใช้ขับเครื่องจักรที่ทำงานอยู่ตลอดเวลา, เฟืองขับเคลื่อนที่ต้องการความแม่นยำของระยะการเคลื่อนที่ และเฟืองที่ใช้ขับเครื่องจักรที่มีผลต่อชีวิตได้เมื่อความเสียหายเกิดขึ้นควรจะได้รับการดูแลเป็นพิเศษ ซึ่งการดูแลที่เป็นพิเศษดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปแบบของการบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance) หรือการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance)

จากเทคโนโลยีทางด้านการบำรุงรักษาที่ก้าวหน้าในปัจจุบันทำให้ภาคอุตสาหกรรมได้นำเอาระบบการบำรุงรักษาตามสภาพมาเป็นระบบจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลมากขึ้น ซึ่งมีข้อดีคือสามารถตรวจสภาพของเครื่องจักรในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ ทำให้สามารถหาสาเหตุของความเสียหายและสามารถวางแผนล่วงหน้าในการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมแซม ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียจากการหยุดเครื่องกระทันหัน และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลาโดยที่ชิ้นส่วนนั้นยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีอยู่ การบำรุงรักษาตามสภาพนั่นจะมีอยู่หลายวิธี และการเฝ้าตรวจการสั่นสะเทือน (Vibration Monitoring) ก็เป็นวิธีการหลักที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องจักรกลหมุน (Rotating Machinery) เช่นในเฟืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเครื่องจักรกลหมุนนั้นจะมีลักษณะการทำงานที่เป็นคาบ (Periodic) ซึ่งจะให้สัญญาณการสั่นสะเทือนในรูปแบบที่เฉพาะตัวของแต่ละชิ้นส่วนที่มีความเร็วรอบที่แตกต่างกัน ทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่อง การวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนนั้นกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การวิเคราะห์สัญญาณ

บนโดเมนของเวลา (Time Domain) การวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum) และการวิเคราะห์เซปส์ตัม (Ceptrum)

รูปแบบความเสียหายของเฟืองมีอยู่ 2 รูปแบบ [6] คือ

1. การแตกร้าวของฟันเฟือง
2. ความเสียหายที่ผิว

โดยความเสียหายที่ผิวจะแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบคือ

1. Scoring คือความเสียหายที่เกิดจากการใช้งานในสภาพที่อุณหภูมิที่ผิวของฟันเฟืองมีค่าสูงเกิน Welding Temperature จนเกิดการหลอมของเนื้อโลหะและในบางครั้งจะเกิดการเชื่อมติดกันของฟันเฟือง
2. Wear คือความเสียหายในลักษณะของการสึกหรอ โดยการสึกหรอนี้จะพบมากเป็นอันดับสองของความเสียหายที่ผิว ซึ่งเกิดจากสารหล่อลื่นที่สกปรกหรือการเสื่อมสภาพของสารหล่อลื่น
3. Corrosive Wear เป็นการสึกหรอทางเคมี เกิดจากปฏิกริยา Oxidation ของสารจำพวกกรด หรือ เบส
4. Pitting และ Spalling เป็นผลมาจากความเสียหายในเนื้อวัสดุที่มีกลไกลซับซ้อน คือ เกิดจาก Fatigue ที่มีจุดกำเนิดมาจากจุดที่อยู่ภายใต้ผิวของฟันเฟือง

ความเสียหายที่ได้กล่าวไปแล้วของเฟืองนั้นน่าจะส่งผลให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนไปจากเฟืองที่สมบูรณ์ ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนกับความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับต่างๆ กันได้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการคาดคะเนความเสียหายที่กำลังจะเกิดขึ้นและหาทางแก้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที

ความเสียหายที่ผิวที่พบอยู่เสมอๆ จะเกิด Scoring และ Wear แต่เนื่องจากในกรณีของ Scoring มีความซับซ้อนในการสร้างและควบคุมสภาวะการทดลอง ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นไปที่การสึกหรอในลักษณะ Wear

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

1. Gear fault Monitoring : Comparison of Vibration Analysis Techniques [7]

รูปแบบการทดลอง เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความบกพร่องของเฟืองตรงด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนในรูปแบบต่างๆ คือ สเปกตรัม เซปส์ตรัม แอมพลิจูลและเฟสดีมอดูเลชัน (Amplitude and Phase Demodulation) เวฟเลท (Wavelet) และ ไซโคลสเตชันนารี (Cyclostationary) ในการวิเคราะห์รอยแตกร้าวของเฟืองโดยแบ่งระดับของรอยแตกร้าวตามระดับความลึกของรอยแตกร้าว

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์สภาพเฟืองของสัญญาณแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง คือการวิเคราะห์สเปกตรัมและเซปส์ตรัม เปรียบเทียบกับวิธีการใหม่ๆ เช่น เวฟเลท และไซโคลสเตชันนารี

ผลการทดลอง เซปส์ตรัมสามารถตรวจสอบรอยแตกร้าวได้แต่มีความไวต่อการเติบโตของรอยแตกน้อย (Insensitive to Crack Evolution) ในขณะที่ความสัมพันธ์ความหนาแน่นสเปกตรัม (Spectrum Correlation Density : SCD) มีความไวต่อการเติบโตของรอยแตกร้าวมากกว่า ส่วนการวิเคราะห์เวฟเลทสามารถระบุตำแหน่งของการเกิดรอยแตกร้าวได้ การวิเคราะห์เวฟเลทเหมาะสำหรับวิเคราะห์ความเสียหายแบบเฉพาะที่ (Localised Damage)

สรุปผลการทดลอง เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ตรวจสอบรอยแตกร้าวของเฟือง คือ การใช้หลายๆ วิธีประกอบกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ SCD ร่วมกับการวิเคราะห์เวฟเลท (Wavelet Analysis) ของสัญญาณบนโดเมนเวลาแบบเฉลี่ยเข้าจังหวะ (Time Domain Synchronus Averaging) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบรอยแตกร้าวของชุดเฟือง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. Use of Vibration Measurements to Detect Local Tooth Defects in Gear [8]

รูปแบบการทดลอง เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความบกพร่องของเฟืองด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือน 3 รูปแบบ คือ 1. สัญญาณที่มีมอดูเลชัน (Modulated Signal) ซึ่งได้แก่สัญญาณบนโดเมนเวลาเฉลี่ยแบบเข้าจังหวะ (Time Domain Synchronus Averaging) และสเปกตรัม 2. สัญญาณเวฟเลท (Wavelets) และ 3. เคอร์โทซิส (Kurtosis) ของสัญญาณบนโดเมนเวลา เฟืองที่ใช้ในการทดลองคือเฟืองเฮลิคัล (Helical Spur Gear) ที่มีความบกพร่องแบบเฉพาะที่ โดยความบกพร่องมีสองแบบ แบบ A เป็นการแตกร้าว (Fracture) จากจุดพิตช์ไปถึงโคนฟันด้านหลัง แบบ B เป็นการแตกร้าวจากโคนฟันด้านหน้าไปถึงโคนฟันด้านหลัง โดยแบบ B จะรุนแรงกว่าแบบ A เมื่อเปรียบเทียบกับเฟืองที่ยังไม่สึกหรอและไม่มีรอยแตกร้าว

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของสัญญาณทั้งสามรูปแบบในการวิเคราะห์สภาพของชุดเฟือง

ผลการทดลอง สัญญาณทั้งหมดสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้โดยเฉพาะที่ความถี่ GMF มีขนาดแอมพลิจูดเพิ่มขึ้นมากกว่าเฟืองที่ไม่มีความบกพร่อง โดยแอมพลิจูดของสัญญาณของความบกพร่องแบบ B มีขนาดสูงกว่าสัญญาณจากความบกพร่องแบบ A เนื่องจากเป็นความบกพร่องที่รุนแรงกว่า ค่าเคอร์โทซิสมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเช่นกัน

สรุปผลการทดลอง

1) ไม่มีเทคนิคการวิเคราะห์แบบใดที่สามารถวิเคราะห์สภาพเฟืองได้แม่นยำ การวิเคราะห์สภาพของชุดเฟืองยังมีความจำเป็นต้องใช้หลายๆ วิธีการร่วมกันในการวิเคราะห์

2) เทคนิคดีมอดูเลชัน เหมาะสำหรับตรวจสอบการเยื้องศูนย์หรือเพลาไม่ได้แนวแกน ซึ่งเห็นการตรวจสอบในช่วงความถี่ต่ำ

3) เวฟเลท เป็นวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนทั้งทางคณิตศาสตร์และการตีความของสัญญาณ แต่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์สภาพเฟืองเพราะสามารถระบุตำแหน่งที่เสียหายของชุดเฟืองได้

4) เคอร์โทซิส เป็นการคำนวณเชิงสถิติที่ไม่มีความซับซ้อนใดๆ สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์ได้ แต่ความไว (Sensitivity) อาจไม่พอในการระบุระดับความบกพร่องของเฟือง

3. การศึกษาการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองด้วยสเปกตรัมและเซปส์ตรัม (A Study of Vibration Analysis of Gear-Trains By Spectrum and Ceptrum) [14]

รูปแบบการทดลอง ศึกษาลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองตรง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สัญญาณจำลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง (Simulated Signal) การทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอและชุดเฟืองที่มีปัญหาการเยื้องศูนย์ โดยสัญญาณที่ใช้วิเคราะห์ คือ สเปกตรัม และ เซปส์ตรัม ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงสัญญาณจำลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง และ การทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ

สัญญาณจำลอง ศึกษาโดยการสร้างสัญญาณจำลองจากสมการจำลองการสั่นสะเทือนของเฟือง รวมทั้งผลของระดับมอดูเลชันทางแอมพลิจูดและความถี่ ผลของเฟสและสัญญาณรบกวน

การทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ ใช้เฟืองขับทำจากทองเหลืองจำนวนฟัน 26 ฟัน เฟืองตามทำจากเหล็กจำนวนฟัน 38 ฟัน ระดับภาระ 353 วัตต์ โดยการปรับแรงตึงของผ้าเบรกที่ให้แรงเสียดทานแก่เพลาเฟืองตาม เฟืองใช้เวลาขับภาระทั้งสิ้นประมาณ 2247 นาที วัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเป็นระยะๆ ตามเวลา โดยถือว่าเวลาผ่านไปนั้นทำให้เกิดระดับการสึกหรอที่มากขึ้น ดังนั้นการวัดสัญญาณที่ระยะเวลาที่ผ่านไปจึงเป็นการวัดสัญญาณที่เฟืองขับมีระดับการสึกหรอมากขึ้นตามลำดับ การทดลองไม่ใช้สารหล่อลื่น

จุดประสงค์ ศึกษาและเปรียบเทียบการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองด้วย สเปกตรัม และ เซปส์ตรัม

ผลการทดลอง

ผลจากสัญญาณจำลอง ระดับมอดูเลชันทางแอมพลิจูดที่เพิ่มขึ้นของเฟืองขับทำให้แกมนิจูดที่ความเร็วรอบเฟืองขับเพิ่มมากขึ้นส่วนแกมนิจูดที่ความเร็วรอบเฟืองตามมีขนาดลดลง ค่าสเปกตรัมที่ความถี่ GMF (Gear Meshing Frequency) มีขนาดไม่เปลี่ยนแปลง แถบความถี่ข้างของเฟืองขับมีขนาดสูงขึ้น

ผลของการทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ ผลของสัญญาณโดเมนเวลา ค่า Peak และ RMS มีขนาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทำงานของเฟือง ผลของสเปกตรัมค่าแอมพลิจูดของสัญญาณ GMF สังเกตไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณ SBP (Sidebands of Pinion) และ SBG (Sidebands of Gear) มีค่าสั่นขึ้นลงอยู่ในช่วงค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดในช่วงนาทีที่ 618-777 ผลของเซปส์ตรัมค่าแกมนิจูดของสัญญาณ 1/P (หนึ่งส่วนความเร็วรอบ Pinion) มีขนาดสูงขึ้นตามระยะเวลาทำงานของเฟืองระดับสึกหรอที่เกิดขึ้นสูงสุดจากการทดลองประมาณ 40 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับโพรไฟล์เต็ม

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง (An Anlysis of The Relationship Between Vibration Signal and Gear Wear Level) [13]

เป็นการทดลองที่ต่อเนื่องจาก [14] โดยมุ่งสนใจไปที่ชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ

รูปแบบการทดลอง เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง โดยเก็บสัญญาณของเฟืองที่ได้จำลองการสึกหรอไว้แล้วที่ระดับต่างๆ ซึ่งรูปแบบของการสึกหรอนั้นอ้างอิงจาก [14] โดยจะทำการทดลองที่หลายๆ สภาวะด้วยการปรับระดับภาระและความเร็วรอบ ส่วนสัญญาณการสั่นสะเทือนที่นำมาใช้วิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของสัญญาณบนโดเมนของเวลา สเปกตรัม และ เซปส์ตรัม

การจำลองการสึกหรอบนเฟือง การสึกหรอในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 6 ระดับเริ่มตั้งแต่เฟืองไม่มีการสึกหรอในระดับการสึกหรอระดับ 0 ไปจนถึงระดับการสึกหรอที่ปลายฟันมีค่า 77.5 เปอร์เซนต์จากโพรไฟร์เต็มที่ระดับ 5 โดยรูปแบบของการสึกหรอที่จำลองขึ้นประมาณมาจากการทดลองของ [14] คือมีรูปแบบเดียวกันหมดในทุกระดับการสึกหรอแต่จะแตกต่างกันที่ความลึกของการสึกหรอ

การทดลอง ทำการเก็บสัญญาณการสั่นสะเทือนของเฟืองที่ได้จำลองรูปแบบของการสึกหรอไว้แล้วที่ 3 ภาระ คือ ไม่มีภาระ ภาระ 200 วัตต์ และภาระ 340 วัตต์ และที่ 2 ความเร็วรอบ คือ 500 RPM และ 800 RPM

จุดประสงค์ เพื่อวิเคราะห์รูปแบบและค่าพารามิเตอร์จากสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่ระดับการสึกหรอต่างๆ ของเฟือง เปรียบเทียบผลของภาระ และความเร็วรอบ

ผลการทดลอง จากสัญญาณที่เก็บได้จากการทดลองนั้นอาจจะพอสรุปได้ใน 2 เงื่อนไข คือ

1) การทดลองแบบไม่มีภาระ สัญญาณโดเมนเวลา Peak และ RMS มีค่ามากขึ้นเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้นถึงระดับที่ปลายฟันมีการสึกหรอไปประมาณ 66 เปอร์เซนต์ จากนั้นค่าจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ส่วน Crest Factor ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มขึ้น ค่าสัญญาณสเปกตรัม GMF SBP SBG และฮาร์มอนิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับสัญญาณบนโดเมนเวลาแต่ยังไม่มีความแน่นอนของรูปแบบฮาร์มอนิกในทุกสัญญาณ สัญญาณเซปส์ตรัม 1/P มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มถึงระดับ 1 (ที่ปลายฟันมีการสึกหรอไปประมาณ 16.6 เปอร์เซนต์) จากนั้นค่อนข้างคงที่จนถึงระดับสุดท้าย ส่วนค่า 2/P และ 1/G ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้น

2) การทดลองแบบมีภาระ สัญญาณบนโดเมนเวลา Peak และ RMS มีค่ามากขึ้น โดยค่า Peak มีการเปลี่ยนแปลงเด่นชัดกว่า ส่วนค่า Crest Factor ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดเมื่อระดับสึกหรอ

เพิ่มขึ้น ค่าสัญญาณสเปกตรัม GMF SBP SBG และฮาร์มอนิกมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้น ค่าสัญญาณเซปตรัม 1/P มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับสึกหรอที่ปลายฟันมีการสึกหรอเพิ่มเป็นประมาณ 45 เปอร์เซนต์ จากนั้นค่าจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับการสึกหรอเพิ่มขึ้นจนถึงค่าการสึกหรอที่สูงที่สุดในการทดลอง ส่วนค่า 2/P และ 1/G ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดเมื่อระดับสึกหรอเพิ่มมากขึ้น

<u>ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองของ [13] และ [14]</u>

จากการทดลองของ [13] และ [14] จะพบปัญหาของการปรับภาระจากผ้าเบรก คือเมื่อมีการเสียดสีกันเกิดขึ้นจะทำให้ผ้าเบรกมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งผลจากอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ค่าสัมประสิทธ์ของความเสียดทานระหว่าหน้าสัมผัสของชุดเบรกมีค่าลดลง ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของภาระซึ่งการที่จะปรับภาระจากชุดเบรกให้มีค่าคงที่นั้นจะกระทำค่อนข้างยาก

จากงานวิจัยของ [13] จะพบการสึกหรอที่เพิ่มขึ้นจากระดับที่ได้เตรียมไว้ของเฟือง ซึ่งการสึกหรอที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวนั้นมิได้สอดคล้องกับระดับการสึกหรอที่ได้เตรียมไว้ โดยความเบี่ยงเบนจากการสึกหรอที่ได้เตรียมไว้นั้นจะมากเมื่อความแตกต่างระหว่างระดับสึกหรอนั้นๆ กับระดับสึกหรอของงานวิจัยของ [14] มีค่ามาก และจะเบี่ยงเบนเล็กน้อยเมื่อระดับสึกหรอนั้นเป็นระดับเดียวกับงานวิจัยของ [14]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมติฐานการทดลอง

เทคนิคหรือวิธีการการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายแต่ละแบบแตกต่างกันออกไป ความเสียหายทั้งแบบที่มีการแตกร้าวบนฟันเฟืองหรือฟันเฟืองสึกหรอก็จะให้รูปแบบของสัญญาณการสั่นสะเทือนที่แปรไปตามความรุนแรงของความเสียหายนั้นๆ ดังนั้นการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้จึงตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า "สัญญาณการสั่นสะเทือนมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระดับสึกหรอเปลี่ยน" เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1) เพื่อศึกษาถึงรูปแบบของการสึกหรอของเฟืองที่เกิดขึ้นจริงภายใต้สภาวะการทดลอง
2) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบและค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่ระดับสึกหรอที่แตกต่างกันของเฟืองภายใต้สภาวะต่างๆ
3) เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษารูปแบบการสึกหรอของฟันเฟือง และการใช้สัญญาณการสั่นสะเทือนมาทำนายระดับการสึกหรอของชุดเฟืองต่อไป

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1) ศึกษาทฤษฎีของการตรวจวัดและการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของเฟือง
2) ทดลอง ตรวจวัด และเก็บผลของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองที่มีการสึกหรอในระดับต่างๆ ในรูปของสัญญาณบนโดเมนของเวลา สเปกตรัม และเซปส์ตรัม ในวิธีการเก็บสัญญาณ 3 แบบ ดังนี้ การเฉลี่ยบนโดเมนความถี่ (Spectrum Averaging) กระบวนการขยายความละเอียดของโดเมนความถี่ (Zoom Processing) และการเฉลี่ยบนโดเมนเวลาเข้าจังหวะ (Synchronous Time Averaging)
3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนในรูปแบบต่างๆ กับระดับการสึกหรอ
4) เปรียบเทียบความสามารถในการแยกแยะระดับการสึกหรอของฟันเฟืองในรูปแบบของสัญญาณการสั่นสะเทือนแบบต่างๆ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของการสั่นสะเทือน
2) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ได้จากชุดเฟือง
3) ศึกษารูปแบบการสึกหรอของเฟืองแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริง
4) ศึกษาหลักการของกระบวนการจัดการสัญญาณ (Signal Processing) โดยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบ FFT (Fast Fourier Transform)
5) ศึกษาหลักการเก็บสัญญาณด้วยวิธีการเฉลี่ยบนโดเมนเวลาเข้าจังหวะ และกระบวนการขยายความละเอียดของโดเมนความถี่
6) ศึกษาความสามารถและข้อจำกัดของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ วิธีวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน และการเก็บบันทึกข้อมูลสัญญาณการสั่นสะเทือน
7) ปรับปรุงชุดทดลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองให้มีระยะห่างระหว่างเพลาที่เหมาะสมกับขนาดเฟืองที่เลือกใช้ ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับรถยนต์เพื่อใช้เป็นตัวสร้างภาระให้กับชุดเฟือง
8) ทดลองเก็บข้อมูลสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง
9) เปรียบเทียบผลจากสัญญาณแต่ละโดเมนที่ได้จากการเก็บสัญญาณแต่ละวิธี รวมทั้งเปรียบเทียบผลของความเร็วรอบเฟืองขับและภาระ
10) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอ
11) อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รูปแบบของสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนแปลงตามระดับการสึกหรอแต่ระดับ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับของความสึกหรอของฟันเฟืองเบื้องต้นได้
2) เป็นแนวทางเพื่อจะนำไปสู่การวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนภายในกระบวนการตรวจสอบตามสภาพการทำงานของเฟือง ภายใต้ระบบการบำรุงรักษาตามสภาพ